

# 신제품개발 과정에서의 디지털 매뉴팩처링의 역할과 현황

## - 자동차 산업 중심으로 -

이 글에서는 최근 자동차 산업의 신제품 개발 과정과 정보기술에 대해 알아보고 자동차 산업의 신제품 개발 과정에서의 디지털 매뉴팩처링<sup>1)</sup>의 역할과 현황에 대해 알아본다. 이장희

1984년에 발표된 일본에서의 백년간 일본기업의 흥망사를 조사한 결과에 의하면 기업의 수명은 평균적으로 30년이라는 것이다.<sup>(1)</sup> 조금은 오래 전의 내용이나, 이 흥미로운 조사는 '흥한 자는 반드시 쇠퇴한다'는 기본 원칙이 살아있는 사람에게뿐만 아니라, 기업에도 적용되고 있음을 암시하고 있는 것이다.

현재의 카오스이론에서 말하는 바와 같이, 내부적으로 통제 불가능한 주변 환경 속에서 기업이 생존을 지속하고 이익을 내면서 사회에 공헌해야 한다는 목적을 달성하기 위해서는, 시장에서의 새로운 경쟁의 규칙과 생존의 방법에 익숙해지기 위해 부단한 노력

이 필요하다. 이런 노력을 한마디로 말한다면 감당하기 힘든 '변화'라는 도전에 대한 응전이라 할 수 있다.

특히 시간과 공간의 제약을 뛰어넘으려는 인간의 투쟁과 희생의 역사에서 컴퓨터와 네트워크의 발달이라는 새로운 도전은 20세기 말에서부터 새로운 세기로 넘어오며 우리에게 많은 화두를 제공하고 있다. 컴퓨터를 이용한 정보기술(IT)은 이미 기업의 모든 곳에서 적용되고 있으며, 인터넷은 기업뿐만 아니라, 우리 개개인 모두의 생활양식을 서서히 바꿔가고 있다. 특히 인터넷이라는 새로운 기술이 기업에 끼치는 결정적인 영향은 단순한 기술적인

성능의 개선이나 새로운 기술적 가능성의 문제가 아니라, 아직 한번도 경험해보지 못한 것에 대한 사람들의 요구를 만들어낸다는 것이다.<sup>(2)</sup> 이런 것에 대한 대표적인 예로는 소니 사가 개발한 워크맨이라는 상품을 들 수 있는데, 예를 들어 조깅을 하면서 또는 수영을 하면서 듣는 녹음기판 기술적인 문제 이전에 상상력의 문제인 것이다. 또한 래스터 써로우 교수는 이와 같은 상상력의 경쟁에서 우위를 점하거나 승리를 하는 것이 부를 축적할 수 있는 원천이 됨을 지적한 바 있다.

### 신제품개발 과정과 정보기술

• 이장희 | 다쏘시스템 한국지사, 이사 / e-mail: jh\_lee@ds-kr.com, URL: http://www.netian.com/~jhleetc

1) 여기서 디지털 매뉴팩처링(Digital Manufacturing)이란 DMU, DPA와 Digital Manufacturing, Virtual Manufacturing, Digital Factory, Virtual Factory를 포함하는 3차원 데이터를 활용한 설계, 생산준비 및 제조과정에서의 수행하는 모든 시뮬레이션을 지칭하는 일반적인 용어를 의미한다. 다만 CAE라고 불리는 해석부와 성능 시험 등의 테스트 관련 분야는 여기에 포함시키지 않았다.

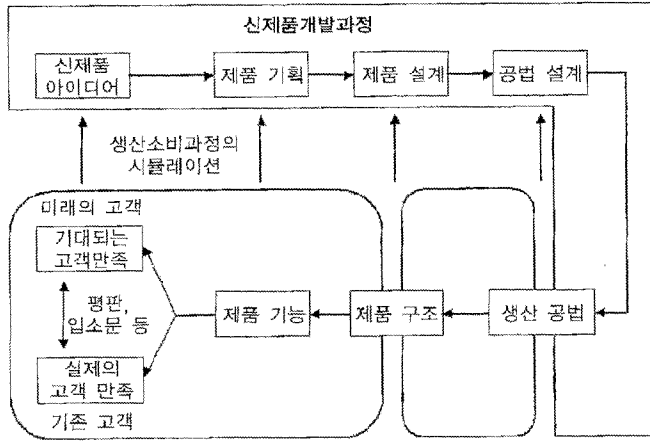


그림 1 소비에 대한 시뮬레이션으로의 제품 개발

자동차산업을 예로 든다면 과거 10년간은 그 어느 때보다도 근본적인 변화들이 많이 발생했다. 최근의 GM과 피아트자동차의 연합이나, 다임러크라이슬러의 예에서 볼 수 있는 바와 같이 동종 업체간의 합병 또는 연합을 비롯한 과점체계의 대두와 모듈화 생산시스템이라는 생산 패러다임의 변화, 더구나 컴퓨터기술에 바탕을 둔 정보기술의 발달은 특히 인터넷이 소비 제품의 검색과 구매뿐만 아니라 우리의 생활양식을 변화시켜 왔고, 앞으로 다가올 미래를 어떻게 바꾸어갈지 상상해 본다면, 모든 기업의 제품개발 및 생산뿐만 아니라 소비에까지 지대한 영향을 미치고 있는 실정이다.

범위를 좁혀 신제품개발 능력만을 볼 때, 상품의 제조를 주로

하는 기업의 경우에는 새로운 제품을 얼마나 혁신적으로 만들어 낼 수 있는가가 기업의 생존에 있어 가장 중요한 요점이 된다. 즉 신제품개발 과정에서의 경쟁우위가 기업의 미래를 결정한다고 볼 수 있다. 물론 제품개발 과정의 혁신성은 제품 자체, 납기, 품질,

가격, 안전성, 환경 등 다양한 요소가 있을 수 있다. 특히 앞에서 언급한 자동차산업에서 과거 10년간의 출시되는 제품의 다양화와 제품개발 기간의 단축을 위한 경쟁을 생각해 보면, 자동차를 위시한 여타의 기업에서 내부적으로 많은 변화가 일어났음을 쉽게 알 수 있고, 앞으로 이러한 변화는 더욱 빠른 속도로 지속되리라는 것을 암시하고 있다.

신제품개발 과정의 특징에 대해 좀더 자세히 살펴보면 하버드 대학의 클라크 교수는 전세계 자동차산업에 있어서 신제품개발 과정에 대한 연구에서, 정보라는 관점에 초점을 두고 다음과 같은 중요한 세 개의 테마를 지적하였다.<sup>2)</sup> 이들 각각의 테마는 첫째로 신제품개발은 미래의 고객의 사용에 대한 리허실이다. 둘째로 신제품개발 과정의 모든 단계에서

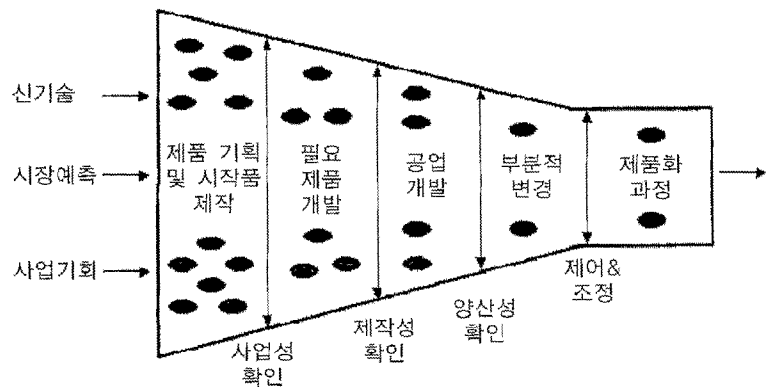


그림 2 신제품 개발에서의 "스테이지 게이트" 시스템("Stage-gate" System)

2) 이 책은 미국 하버드 대학 경영대학원에서 Kim B. Clark 교수를 중심으로 다년간에 걸쳐 미국, 유럽, 일본의 자동차회사의 제품개발력을 대상으로 실증적으로 연구한 결과를 책으로 출간한 것으로 자동차회사에서의 제품개발력을 비교연구하는 방법을 적용했다.

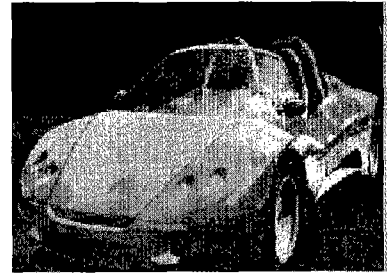
통일성(integration)의 중요성, 마지막으로 경쟁우위를 이루기 위한 제품통일(product integrity)의 힘이다.

여기서 신제품개발 과정을 신제품개발을 담당하는 엔지니어가 미래의 고객이 경험하게 될 것을 시뮬레이션한다고 말한 것은 상당히 흥미 있는 지적이라 할 수 있다. 그림 1에서 알 수 있는 바와 같이 제품개발, 생산 및 소비의 전과정이 시스템을 통하여 순환하는 정보의 흐름에 의해 하나의 큰 시스템으로 통합되어야 한다는 것을 의미한다.

또 신제품개발 과정은 그림 2가 시사하는 바와 같이 포괄적이고 추상적인 정보에서 구체적이고 실제적인 제품화(realization) 과정이라 할 수 있다.<sup>(4)</sup> 이런 제품개발과정에서의 거치게 되는 개별적인 단계는 주어진 입력조건에 대한 최적의 해법을 찾아내는 의사결정과정(decision making process)의 연속이라 볼 수 있다. 경영에서는 이런 의사결정의 각 단계는 '스테이지 게이트' (Stage Gate) 또는 '단계별 검토' (Phase Review)라 불린다. 또한 이러한 의사결정 과정은 상호 모순되거나 서로 배타적인 요소들을 다루어야 될 경우가 대부분이며, 또 이런 제한 조건이나 요인들을 얼마나 신속하면서 다양하게 검토한 후, 원하는 목적에 맞게 최적의 것을 결정할 수 있느냐 즉 반복적으로 시뮬레이션(ROI : Return of Iteration)해 볼 수 있느냐에 따라 미래 고객의 요구를 보다 정확하게 예상할 수

있게 되고, 제품개발 과정에서 대응할 수가 있게 되는 것이다. 이러한 의사결정 과정이 과거에는 종종 직위가 높은 사람이거나 많은 노하우와 경험을 갖고 있는 사람들에 의존하기가 쉬웠으나, 지금은 개인에 의존하기보다는 컴퓨터 등을 이용한 정보기술에 기반을 둔 정보가 합리적인 판단기준이 될 수 있다. 또한 여러가지의 가능성을 사전에 충분히 시뮬레이션해봄으로써 과거보다 정보기술의 역할이 중요하게 된다. 이러한 관점은 후술하는 자동차산업에서의 신제품개발 과정과 시뮬레이션의 역할에서보다 명확하게 이해될 수 있다. 즉 신제품개발 과정 속에 정보기술을 이용한 작업이 녹아 들어 일체화되고 있다는 증거가 되는 것이다.

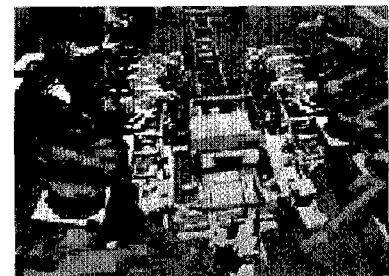
제품의 라이프사이클이 점점 짧아지고 고객의 요구가 다양해지는 시장으로부터의 요구에 대응하기 위해, 신제품개발 과정에서 요구되는 중요한 척도는 제품개념의 정립에서 제품 출하까지의 기간, 소위 제품개발 기간이라 할 수 있다. 바꾸어 말하면 제품개발 기간의 단축, 즉 시간과의 싸움이라 할 수 있다. 이러한 신제품개발 기간을 줄이기 위한 노력은 모든 제조산업에서 가장 핵심적인 도전 과제라 할 수 있다. 광의의 동시공학(Concurrent Engineering)을 이루려는 노력이 선두를 차지하고 있으며, 3차원 데이터에 바탕을 둔 DMU(Digital Mockup), DPA(Digital Pre-Assembly)기법들이 이미 폭 넓게 적용되고 있는



(a) 화성모델



(b) 설계검토

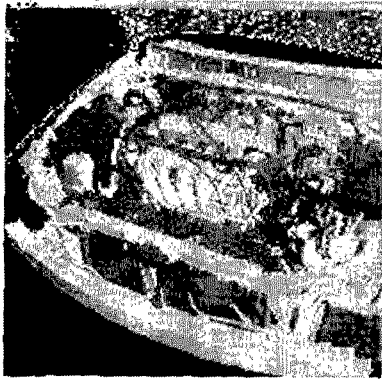


(c) 생산공정 검토

그림 3 가상현실기술의 이용 예<sup>(7)</sup>

실정이다. 그러나 단순히 설계단계의 노력만으로는 최상의 효과를 기대할 수 없게 된다. 왜냐하면 최종적으로 생산되는 제품은 설계 다음의 과정인 생산준비 및 생산에 더욱 의존하게 되기 때문이다.

이러한 이유로 인하여 최근 디지털 매뉴팩처링기술이 보다 넓은 의미로 신제품개발 과정 속에서 그 필요성이 증대된다고 할 수 있다. 먼저 설계단계에서 가장 일반적으로 활용되는 것은



(a) DPA(Digital Pre-Assembly)



(b) 조립 및 작업성 검토

그림 4 토요타자동차 V-COMM시스템의 적용 예

DMU/DPA와 이를 이용한 설계 검토(DR : Design Review) 과정이라 할 수 있다.<sup>(5, 6)</sup> 설계검토 방법에 있어서 선진 자동차회사들은 가상현실(VR : Virtual Reality)기술을 응용한 설계 검토작업도 적극 도입되고 있는 실정이다. 이러한 가상현실 기술은 그림 3에서 예를 든 것 같이 디자인 플평, 설계검토, 조립시뮬레이션, 협업검토, CAE결과의 가시화, 협업검토, 조립분해시뮬레이션, 생산계획검토, 생산공구검토 등에 활용되고 있다.<sup>(7, 8)</sup>

그러나 3차원 데이터의 형태로 생성된 제품만을 위주로 하는 수준에서 벗어나, 설계 다음 공정까지 일련의 연관성을 갖고 통합된 환경에서 다루어지는 디지털 매뉴팩처링 기술이 단위 부서나 사업부의 벽을 넘어 회사 전체로의 통합적 확산을 위한 표준화, 교육 등이 필수적으로 요구되어지며, 보다 일반적으로 말한다면 각 회사 고유의 신차개발시스템에 녹아 들어가는 제품과 공정 및 생산설비가 일을 하는 사람과 혼연일체가 되는 것이 필요하다고 할 수 있다.

### 자동차산업에서의 디지털 매뉴팩처링 적용 현황

자동차산업을 중심으로 선진 회사에서의 시뮬레이션 적용 현황에 대해 개략적으로 설명하자면 다음과 같다.

먼저 설계 및 시작검토 단계의 DMU, DPA 등의 분야에 집중적으로 적용하고 있는 토요타 자동차의 활용 현황을 들여보자. 토요타 자동차는 미국 현지공장을 설치한 후 일본과 미국 사이에서 동일한 신제품을 개발할 때 미국과의 시간 차이와 거리상의 문제와 제품 다양화와 원가절감이라는 요청에 의한 중요 부품의 외주화 비율의 증가로 인하여 효율적인 신차개발업무를 수행하기에 어려운 점이 많았다. 따라서 경쟁력있는 신차개발 과정을 선도하기 위해서는 이러한 시간적 공간적 난관을 극복할 수 있는 시스템이 신차개발 과정 중에 절실히 요구되었다. 따라서 원격지에서 필요한 제품 데이터를 이용한 설계검토와 조립작업성의 사전 확인을 위한 V-COMM (Visual & Virtual

Communication)시스템이 개되어 해외를 포함하여 전사적으로 적용하고 있다.<sup>(9)</sup> V-COMM 시스템에서 주요 작업내용은 그림 4에 나타난 바와 같이 복잡한 형상 데이터를 이용한 동적 DMU, 설계검토, 배선 통로 확인, 조립 및 분해작업성 확인 등이다. V-COMM에서의 작업은 제품만에 대한 단순한 화면상의 검토, 확인에 머무르지 않고 작업자로서의 사람까지도 고려하여 검토하고 있으며, 또 신차개발 프로세스를 지원하는 VCS(Virtual Communication Service)라는 데이터베이스시스템과 연동시켜 효율을 극대화하려고 노력하고 있으며, 이 VCS시스템에는 확인 검토용 체크리스트, 과거의 문제점 이력, 개선 요구사항 및 회사 관련규정 등을 동시에 갖고 있으며, 이런 V-COMM시스템은 일본 내 외부 발주 개발품에 대해서도 전문적으로 설계검토를 수행하는 서플라이어 센터(Supplier Center)에도 설치되어 운영되고 있다. 여기서 한 가지 특기할 점은 토요타 자동차의 경우 사내에서 자체 개발된 CAD시스템을 사용하고 있지만, 이와 같이 시뮬레이션 기술 등의 추가적으로 필요한 기능은 일반 상용 솔루션을 선별적으로 도입 적용하고 있다는 점이다.

또 일반적으로 디지털 매뉴팩처링에 있어서 가장 시간이 많이 걸리고 고된 일은 시뮬레이션에 필요한 3차원 데이터를 생성하는 것이다. 왜냐하면 시뮬레이션에 필요한 데이터는 제품뿐만 아니

라 주변의 설비 등을 포함한 부가적인 3차원 데이터들이 많이 필요하게 되고, 현실적으로 설계를 3차원상으로 적용하는 회사라도 아직까지는 공장의 생산설비에 대해 3차원데이터를 갖고 있는 않는 경우가 많다. 따라서 토요타 자동차에서는 이러한 문제점을 극복하기 위해 주어진 제품 데이터와 내부적인 공정등에 관한 데이터베이스를 기초로 시뮬레이션 모델을 반자동적으로 생성하는 시스템을 개발 적용 중에 있다.

미국의 제너럴 모터스(GM)에서는 '90년대 중반에 시작된 자동차제조 각 부분의 CAD시스템의 통합과 '수학적 데이터를 기반으로 한 제조'(Math-based Manufacturing 또는 Math Pipeline)프로그램의 일환으로 '모든 담당 엔지니어들이 실물을 만들기 전에 제조 및 조립시스템

을 생성, 설계, 검증 및 운영을 컴퓨터의 수학적 모델을 이용하여 사전에 해본다.'라는 목표로 가상공장(Virtual Factory)프로젝트를 '98년부터 아래와 같은 3단계 계획을 갖고 본격적으로 추진하고 있다. 1단계로는 2년만에 걸쳐 전사적인 시뮬레이션 시스템의 선정과 기본 인프라 구축 및 가상공장의 종합계획을 세우고 검증하며, 2단계로는 선정된 시스템에 대한 전사적 확산, 마지막 단계로는 가상공장프로그램을 신제품개발시스템과의 통합을 계획하고 있다. 다음 단계로 나아가기 위해 1단계에서는 로봇시뮬레이션, 작업자 시뮬레이션, 가공시뮬레이션 등이 주를 이루었고, 2단계에서는 가상BoP(Virtual Bill of Process), 공장레이아웃의 3차원화, 설비 및 공정계획시스템을 검토하고 있다. 이와 같은 일련의 계획이 성공적으로 수행

된다면 2002년부터는 신제품개발 과정에서 극적인 효과를 볼 것으로 GM은 기대하고 있다.<sup>(10)</sup>

GM에서는 이와 같은 가상공장 프로젝트를 지원하기 위해 IS&S(Information System and Service)부문에 GM&IES(Global Manufacturing and Industrial Engineering Systems)이라는 규모 있는 조직을 운영하고 있으며, 현재 제조 시뮬레이션을 위한 전사적인 시스템이 선정된 상태이며, 전문 엔지니어링 회사를 포함하여 효율적인 시뮬레이션을 수행하기 위한 절차와 방법론이 GSS(Global Simulation Standard)라는 이름의 표준으로 인트라넷시스템 내에 확립되어 있다. 또한 생산준비 부문에서의 외주나 제조를 위한 장비의 외부 구매시 반드시 이 표준에 따라 작업이 수행되어야 하며, 또 이 표준에 따르면 설비

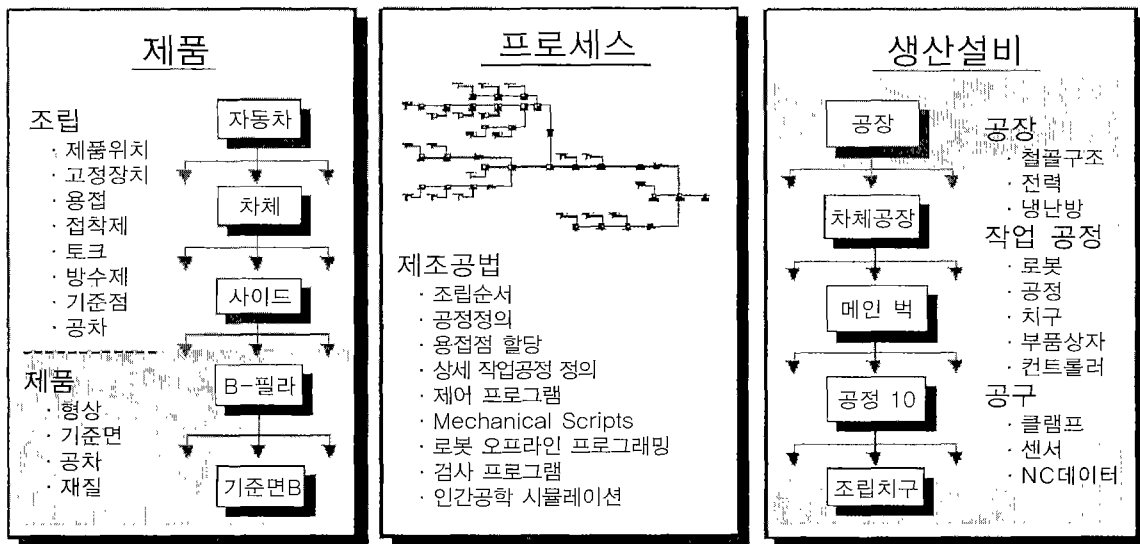


그림 5 크라이슬러에서의 제품, 프로세스, 설비 모델

나 장비에 대한 3차원데이터와 사전에 시뮬레이션에 의해 검증된 데이터의 납품을 반드시 요구하고 있는 실정이다.

또 GM에 있어서 가상공장 프로젝트를 추진하면서 없어야 될 낭비(비효율) 요인으로 아래와 같은 항목들을 들고 있다. 첫째로 부문간의 프로세스의 차이, 둘째로 조직적 비효율성, 셋째로 제품 관련 데이터의 통합과 관리, 넷째로 불필요한 라이브러리 데이터, 다섯째로 워크플로(Workflow) 관리, 여섯째로 현장문제점 해결 과정, 마지막으로 시뮬레이션 소프트웨어의 관리를 들고 있다. 이 모든 장애 요인은 새로운 협업을 위한 기회가 될 수 있다는 것이다.

GM에서의 다음 목표는 프로세스통합이며, 이를 통한 제품개발부문과 생산부문의 통합에 의한 소위 가상제품개발(VPD : Virtual Product Development)라 불리는 신차개발 과정의 혁신이라 할 수 있다. 또 이러한 노력은 최근 제품개발담당 총괄부회장의 영입에서도 간접적으로 알 수 있다.

그리고 현재는 독일회사가 된 다임러크라이슬러사의 미국부분에서는 독일부분과 연합하여 '디지털 팩토리 2005'라는 프로젝트를 추진하고 있다. 이 프로젝트를 한마디로 요약하자면 기술적인 프로세스, 공장설비, 품질, 원가

및 생산능력의 모든 면에서 사전에 완벽한 시뮬레이션을 하지 않고는 어떤 생산공장도 계획되거나 만들어지거나 운영되지 않는다는 것이다.<sup>(11)</sup> 즉 다임러크라이슬러는 고객에게 보다 좋은 제품을 보다 신속하게 제공하기 위해, 주문 후 제품인도(Order to Delivery), 협력업체와의 협업시스템(Supplier 2020 프로그램) 및 현재와 미래를 시뮬레이션하는 디지털 팩토리에 초점을 맞추고 있다.

이와 같은 프로젝트는 1995년에 시작된 DMAPS(Digital Manufacturing & Production System), 1997의 SCOPES(Supply Chain Order-entry Process Empowerment System), CPGA(Control Program Generation & Analysis), 1999년의 EMM(Engineering & Manufacturing Modeling)전략의 경험을 바탕으로 추진되고 있으며, 그림 5에서 나타내는 것과 같은 신제품개발에 필요한 제품, 프로세스 및 설비정보의 통합에 의한 의사소통(Communication)을 최대한 효율화하는 것이 목표라 할 수 있다.

또 신제품개발의 입장에서 본다면 CATIA시스템을 파이프라인으로 하는 CDS(Chrysler Development System)에 디지털 팩토리라는 시뮬레이션 즉 e-

Manufacturing이라는 개념을 통합시키고 있으며, 가장 상위의 개념으로는 신제품개발 과정뿐만 아니라 제품의 라이프사이클 전체를 생성, 유지 및 관리하기 위한 패스트 카(FastCAR)프로젝트를 작년부턴 10년 계획으로 추진하고 있다. 패스트카 프로젝트는 제품개발을 가능케 하는 인에이블러(enabler)인 기술, 프로세스, 조직에 관련된 모든 부분에서 Web에 기반을 둔 협업시스템을 만드는 것이 목표이다.<sup>(12)</sup>

다임러크라이슬러의 독일부분에서는 DMU, DPA 및 OLP등 이외에도 현재 A-Class를 생산하는 라슈타트공장의 조립라인을 최적화하기 위한 RASANT(Rastatt System for Analysis Genetation)시스템을 개발하였고, 현재 루트빅스펠데 공장과 스페인의 비토리아 공장에도 적용 중에 있다. 이 시스템은 자동차 조립라인의 생산성을 최대하기 위한 생산계획, 생산관리시스템이라 할 수 있다.<sup>(13)</sup>

유럽의 복단에 위치한 볼보 자동차의 경우에는 조직적으로 전사를 통합해서 관리하는 가상생산센터(Virtual Manufacturing Center)를 운영하고 있으며 '프로젝트 게이트시스템'(Project Gate System)이라는 방법론을 적용하고 있다.<sup>(14)</sup>

그림 6에서 알 수 있는 바와 같

3) 2001년 8월 2일 GM은 전 크라이슬러사 부사장이었던 Bob Lutz 씨를 9월 1일부로 제품개발담당 부회장으로 선임했다고 발표했다. 그는 북미뿐만 아니라 전세계 제품군의 개발을 총괄 담당할 예정인데, 그는 미국 자동차업계의 유력인사로, 1998년에 "Gutz : The Seven Laws of Business that made Chrysler the World's Hottest Car Company" 책에서 크라이슬러가 어떤 조직으로 어떤 방법론을 적용하여 혁신적으로 신제품을 개발했는지를 잘 설명하고 있다.



과정에서 비주얼엔지니어링 (Visual Engineering)을 적극적으로 활용하여, 제품뿐만 아니라 프로세스를 중심으로 하는 커뮤니케이션을 효율화하고 협업 환경에서 협력하면서 업무를 담당하는 엔지니어를 말하는 것이다. <sup>(15)</sup> 즉 컴퓨터에 바탕을 둔 정보기술을 활용한 새로운 신제품개발과 생산방식에 대한 대응은 우리 모두에게 주어진 새로운 도전인 것이다. 왜냐하면 21세기에는 경쟁의 원칙이 바뀌고, 우리가 일하는 기업을 지배하는 자가 고객이 될 것임이 확실하기 때문이다.

마지막으로 정보기술을 충분히 효율적으로 활용하는데 필요한 하부토대(Infrastructure)와 학습비용(Learning Cost)의 필요성을 사전에 충분히 충분히 인정하는 것이 요구되며, 정보기술 만능이라는 맹신은 위험한 생각이라는 것, 즉 현실과 가설의 차이(Gap), 가설과 컴퓨터 모델의 차이를 알고 이를 사전에 충분히 고려하는 것도 또한 필요한 것이다.

#### 참고문헌

(1) Nikkei Business편, 장인영역 : 기업의 수명은 30년이다., 서울 : 신구미디어, 1993.  
 (2) Nathan Rosenberg, Exploring the Black Box : Technology, Economics, and History, Cambridge : Cambridge University Press., 1994  
 (3) Kim B. Clark, Takahiro Fujimoto, Product Development Performance : Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry, Boston : Massachusetts, Harvard Business School

Press, 1991.

(4) Marc H. Meyer, Alvin P. Lehnerd, The Power of Product Platforms : Building Value and Cost Leadership, New York : The Free Press, 1997

(5) 이수강, 반영무, "대우자동차 디지털 제품개발 사례", CAD & Graphics , 1999.12. pp.236-239

(6) 박인규 : "100% 디지털 특업으로 만들어진 아반테 XD", 월간 CAD/CAM, 2000.7, pp.146-149

(7) Holger Scharm, Ralf Breining ; "How Automotive Industry uses Immersive Projection Technology", Immersive Projection Technology 1999 Conference

(8) Gino Brunetti, Paul Benoelken, Joachim Rix, "The Role of Product Data Technology in the Integration of PDM/CAD with Virtual Reality", ProSTEP Science Days 2000, Sep.14, 2000, ProSTEP(<http://www.prostep.de>)

(9) 이선수, "자동차업계의 Visual Engineering", 한국CAD/CAM학회지, 제5권 제3호, 1999.Dec., pp.25-29

(10) Anna Kochan, "Introducing coherence in Digital manufacturing", Automotive Sourcing <a>, Vol.6, Issue.1, 2000, pp. 106-111

(11) Sue Unger ; " Collaborative Commerce at DaimlerChrysler", Automotive News World Congress 2001, Jan.15-18, 2001.

(12) Sohair VarnHagen; "e-product Creation Journey", CIMData 2001, April 3-5, 2001

(13) Automotive manufacturing Solutions; "Optimizing A-Class Assembly", Automotive Manufacturing Solutions (<http://www.automotivemanufacturingsolutions.com> ), Vol.1, No.1, 2000

(14) Par Klingstam, Bengt-Goran Olsson, "Using simulation Technologies for Continuous Process Verification in Industrial System Development" , in J.A.Joines,et.al eds., Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference, pp.1315-1321

(15) 신현식 : "대우자동차의 컴퓨터시뮬레이션 적용사례 - Virtual Manufacturing System", 월간CAD/CAM, 2000.8, pp.220-222

(16) 이회범 ; "현대자동차의 컴퓨터시뮬레이션 적용사례", - Digital Manufacturing System , 월간CAD/CAM, 2000.8, pp.216-219

(17) Howard C. Crabb, The Virtual EngineerTM : 21st Century Product Development, Dearborn:MI, Society of Manufacturing Engineers & New York : American Society of Mechanical Engineers Press, 1998.

(18) George Stalk, Jr., Thomas M. Hout, Competing Against Time : How Time-based Competition is Reshaping Global Markets, New York: The Free Press, 1990